

A természet törvényei és a fizika tanítása

A természet törvényeinek megismerési folyamata lényegében három nagy szakaszra osztható. A valóság tényeinek összegyűjtését követően a tények osztályozása, rendszerezése (vizsgálódásunk céljának megfelelően a lényegtelen tények elhanyagolása, a lényegesek kiemelése: felismerve hasonló tények különbözőségét, illetve különböző tények hasonlóságát) és absztrakció útján az összefüggések felismerése, a törvények megfogalmazása, majd az eredmények szembesítése a valósággal. E tudományos megismerő folyamat módszereinek egyik legjelentősebb eljárása a modellezés.

Absztrahálásnak azt a gondolkodási műveletet nevezzük, amelynek során elvonatkoztatunk tárgyak, jelenségek, folyamatok lényegtelen tulajdonságaitól, a lényeges jegyeket részekre bontás nélkül különítjük el. Az absztrahálás azért bonyolultabb gondolkodási művelet, mint az analízis, mert a részekre bontás lehetősége nélkül kell a problémamegoldás során elkülöníteni a lényeges adatokat, sajátosságokat. Az általánosítással is könnyen összekeverhető ez a gondolkodási művelet. Hiszen csak annyi a különbség, hogy absztrahálásnál csupán a lényeges jegyek elkülönítése történik, míg az általánosításnál ezeket a konkrét tapasztalatokat a tárgyak vagy jelenségek egész osztályára kiterjesztjük. (*Pedagógiai Lexikon*, 1997) Az ókori görög tudósok a tudományos vizsgálódás alapjait rakták le azzal a felismeréssel, hogy a természet törvényeinek megismeréséhez idealizáció, absztrakció szükséges. Az absztrakció különböző fázisaiban a modellalkotásnak fontos heurisztikus jelentősége van. A modellezés azon a lehetőségen alapszik, hogy bonyolult (még nem értett) jelenségeket a már ismert (legtöbbször egyszerűbb) jelenségekhez hasonlítjuk. Mivel a modell általában egyszerűbb, mint a modellezett valóság, így könnyebben érthető, tanulmányozható.

A modell szerepe a megismerésben

A valóság természetes (vagy mesterséges) objektumai-rendszerei-jelenségei gyakran olyan sokoldalúak és bonyolultak, hogy törvényszerűségeiket nem tudjuk közvetlenül feltárni, kénytelenek vagyunk megalkotni modelljeiket és azokat vizsgálni a törvényszerűségeik, összefüggéseik megértése céljából.

Mivel a modellel általában több, megjelenésében esetleg több vonatkozásban is különböző dolog, jelenség vizsgálatát szándékozunk elvégezni, a modellnek az eredeti dolog, jelenségek lényeges struktúráit és változási módjait kell a lehető legáttekinthetőbben biztosítania. A bonyolult valóság megismerése gyakran csak fokozatosan lehetséges, ezért az eredetileg esetleg durván leegyszerűsítő modelleket fokozatosan módosítva közelíthetünk a valósághoz. Ez a közelítő eljárás, a modellezés teljes folyamata, akkor tekinthető eredményesnek, ha a természetismereti (fizikai, biológiai, kémiai, természetföldrajzi, kristálytani stb.), technikai, társadalomismereti (szociológiai, gazdasági, tömegpszichológiai, fejlődéstudományi stb.), matematikai, kibernetikai, számítástechnikai, gondolkodási modellek egyrészt minden mellékeset (a konkrét megismerési cél szempontjából jelentéktelent) elhanyagolnak, másrészt az eredeti minél több lényeg-

ges összefüggését kiemelik. Egy modell értéke, használhatósága attól függ, hogy a modell tulajdonságai mennyire egyeznek meg a valóságos (a modellezett) jelenségek tulajdonságaival. Egy modell minél egyszerűbb, annál könnyebben vizsgálható, de sajnos általában kevésbé pontos. Minél bonyolultabb egy modell, annál nehezebben vizsgálható, de annál pontosabban közelíti az eredeti objektum-rendszer-jelenség tulajdonságait. Ugyanakkor valamely új felismerés nyomán a valóságot jobban megközelítő modell lehet fogalmilag vagy strukturálisan egyszerűbb is egy másik régebbi modellnél. Például a bolygók mozgása a heliocentrikus, illetve a geocentrikus modellben.

Ugyanannak az objektumnak-rendszernek-jelenségnek több különböző modellje is alkotható, amelyek természetesen lehetnek egyenértékűek is, de általában az egyik modell jobban megközelíti a valóságot, mint a másik. Gyakran a valóság olyan bonyolult, hogy vizsgálatához több különböző modellt is használnunk kell, mert a modellek külön-külön csak korlátozott jelenségek leírására alkalmasak. Például az atommagok esetén a magerők bonyolult szerkezete és az erősen kölcsönható részecske-rendszerek leírásának nehézségei miatt több atommagmodellre is szükség van. Konkrétan: cseppmodell, statisztikus modell, függetlenrészecske-modell, héjmodell, alfa-részecske-modell, kollektív modell.

Fizikai modellek alkalmazásakor már az alapfokú oktatásban is gyakran használatosak olyan alapmodellek, amelyek valamely idealizált körülményt (pontoszerű – koncentrált – tömeg, merev test, rugalmas alakváltozás, ideális gáz stb.) modelleznek. Ezeket az alapmodelleket használja fel a fizikaoktatás a bonyolultabb jelenségek törvényeihez szükséges modellek értelmezésekor.

A fizika különböző tárgyköreinél találhatunk olyan törvényeket, amelyek matematikai alakjukat tekintve hasonlóak, míg különböző mennyiségek közötti összefüggéseket adnak meg. Például az általános tömegvonzás törvénye (*Newton* gravitációs

törvénye) és a pontszerűnek tekinthető elektromos töltések között fellépő erő megadó *Coulomb*-törvény tökéletesen analóg szerkezetű. A fizikai összefüggésekben a matematikai szempontból azonos helyzetben lévő (azonos műveletek elvégzésére kijelölt) mennyiségeket tekintjük analóg mennyiségeknek. Az analógiát kihasználva az egyik objektumra-rendszerre-jelenségre kidolgozott számítási eljárások alkalmazhatók a másakra is. Analóg modellt használva a nehezebben mérhető folyamatok (például elektromos hálózatokban) is könnyen (illetve könnyebben) vizsgálhatók. Például egy mechanikai rezgő-rendszer és egy elektromos rezgőkör analóg modelljénél a lineáris mechanikai mennyiségek elektromos analogonjai: elmozdulás-töltés, sebesség-áramerősség, erő-feszültség, impulzus-fluxus, tömeg-induktivitás, rugóállandó-kapacitás.

A középfokú műveltség része a modellalkotással történő megismerési módszer alkalmazásában való jártasság, valamint a modellek mint gondolkodási munkaeszköznek a tudatos használata. Ehhez a tanulóknak ismerniük kell a modellalkotás legfontosabb szakaszait:

- tények, tapasztalatok gyűjtése: megfigyelések, kísérletek végzése;
 - a vizsgálandó probléma, a megismerés céljára vonatkozóan lényeges szempont (esetleg szempontok) kiválasztása;
 - a modell megalkotása: már ismert struktúrák, összefüggések és a vizsgálandó probléma közötti analógia kihasználásával, extrapoláció alkalmazásával;
 - a modell kipróbálása: következtetés a vizsgált jelenség várható lefolyására;
 - a modell „működésének”, alkalmas voltának ellenőrzése: kísérletek végzése, eredmények összehasonlítása a valósággal;
 - az ellenőrzés tapasztalatai alapján a modell megtartása (esetleg elvetése), szükség szerinti finomítása, módosítása (a modell elvetése esetén új szempontok alapján új modell alkotása);
 - a modell alkalmazása a gyakorlatban.
- Modellalkotáskor gyakran a vizsgálandó objektumnak-rendszernek-jelenségnek

valamely ismert objektum-rendszer-jelenség struktúrájával való valamely szempont szerinti analógiája alapján alkalmazunk absztrakciót, extrapolációt.

Ok-okozati összefüggések mint természettörvények

A természetben előforduló jelenségekben mutatkozó szabályszerűségeket, ok-okozati összefüggéseket nevezzük természettörvényeknek. Ezeknek a törvényeknek a feltárása rendkívüli jelentőségű, mert lehetővé teszi számunkra, hogy előre lássunk eseményeket más eseményekre vonatkozó ismereteink alapján. Okozati összefüggés áll fenn a jelenségek között, ha az egyik jelenségcsoport (az ok) kiváltja, előidézi egy másik jelenségcsoport (az okozat) létrejöttét, fennmaradását vagy megszűnését. A jelenségek ebből a szempontból csak abban különböznek egymástól, hogy vannak olyanok, amelyeknek már megismertük az okait, míg más jelenségeknél az okok feltárása még a tudomány jövőbeli feladata.

Tulajdonképpen a tudományok minden tétele az egyes esetekre vonatkozó konkrét megállapítások kiterjesztése, absztrakciója, extrapolálása még ismeretlen esetekre. Az általánosítás tudományos jellegének viszont előfeltétele, hogy valós tényeken és igazolt összefüggéseken alapuljon. Az alapis és a középfokú oktatás körülményei között az empirikus megismerés során szerzett tapasztalatok (kvalitatív és kvantitatív adatok) általánosításával nyerjük például a fizika tananyagában szereplő törvények nagy többségét, azaz az ismeretszerzésben az indukció dominál. Igaz, a természettörvények megfogalmazása a pedagógiai gya-

korlatban gyakran csak a „népszerű indukció”, azaz egyszerű felsoroláson alapuló indukció segítségével történik. A népszerű és a tudományos indukció között persze nincs merev határ, mert a tanulók ismeretszerzése egyre tudományosabb jelleget ölt.

Ennek ellenére az előreláthatóságot nem szabad az okság fogalmával azonosítani, mert számtalan bonyolult jelenség vizsgálatánál nincs lehetőség olyan fokú előre látásra, mint például a mechanikában. De hibás az okság azonosítása az előreláthatósággal azért is, mert előreláthatóság okság nélkül is lehetséges. A modern tudomány fejlődése során kiderült, hogy az előrelátá-

Minél általánosabb egy törvény, minél nagyobb területét fogja át a valóságnak, annál többet tartalmaz az objektív igazságból. Ezért a megmaradási törvények jelentősége erről az oldalról is megközelíthető, ugyanis a megmaradási törvényeknek nincs érvényességi határa, minden körülmények között érvényesek. Különösen jelentős ez az energiamegmaradás törvényénél, amely a világ anyagi egységének bizonyítéka, és önmagában is tükrözi az anyagi világ időbeli végtelenségét.

sok teljessége és pontossága rendkívül sok körülménytől függ. Lehet pontatlanul jósolni oksági törvény alapján, míg ezzel szemben a statisztikus törvényekkel néha lényegesen magasabb fokú előreláthatóság biztosítható. Nem véletlen, hogy a fizika tudománya a természet megismerésében elért sikereit nagyrészt annak köszönheti, hogy korlátozta vizsgálódásai-

nak a tárgyát. Wigner Jenő szerint: „Ténylegesen a magyarázható dolgok körülhatárolása talán a fizika eddigi legnagyobb felfedezése.” (Wigner, 1972)

A természet törvényei lehetnek dinamikusak – azaz minden egyes, a törvény hatókörébe eső eseményre érvényesek –, illetve statisztikusak, amelyek csak az adott terület jelenségeinek sokaságára érvényesek. A statisztikus törvény segítségével nem határozható meg az egyes jelenség lefolyása, mert az egyes jelenségek eltérhetnek a statisztikai törvénytől. A fizika tárgyköréből választva példáinkat, statisztikus jellegűek többek között a kinetikus gázelmélet vagy a kvantummechanika törvényei. A dinamikus törvény esetében a sta-

tisztikai törvénynél megengedett eltérés nem lehetséges. A tömegvonzás törvénye például dinamikus törvény, így egyetlen tömeggel bíró objektum sem vonhatja ki magát a tömegvonzás törvényének hatása alól.

A természettörvények érvényességi hatáiról

Nem lényegtelen, hogy foglalkozunk-e a törvények érvényességi határával. Például rugalmas alakváltozásoknál az arányossági határig érvényes *Hooke* törvénye, ezen túl már más törvények érvényesek. A rugalmassági határt átlépve a test nem nyeri vissza eredeti alakját, sőt el is szakadhat (szakadási határ). A Boyle-Mariotte-törvény gázokra érvényes, telítetlen gőzökre szintén, de telített gőzökre már nem. Telített gőzöknél a nyomás növelése halmazállapot-változást eredményez. Az egyenes vonalú, egyenletesen gyorsuló mozgás négyzetes úttörvénye csak zérus kezdősebesség esetén érvényes. A mechanikai energia megmaradásának törvénye csak konzervatív erőterben érvényes. *Pascal* törvénye csak zárt térben levő folyadékokra vagy gázokra érvényes.

Coulomb törvénye, *Ohm* törvénye, *Kirchhoff* törvényei, *Faraday* törvényei, a Boyle-Mariotte-féle törvény, a Gay-Lussac-féle törvények és még számos más fizikai törvény a fizikai jelenségek viszonylag szűk csoportját értelmezi, azaz nagyon korlátozott az érvényességi körük. Viszont egymással összevetve például a Boyle-Mariotte-féle és az egyik Gay-Lussac-féle (mindkettő alkalmas) törvényt, általános gáztörvényt kaptunk, amelynek érvényességi tartománya jóval bővebb a felhasznált törvényekénél. A törvények érvényességi tartománya határozza meg jelentőségüket. Általánosan érvényes törvényt konkrét esetre alkalmazva új törvényhez juthatunk, és ha a kísérleti tapasztalat igazolja ezen új törvény igazságtartalmát, az eredeti törvény általános érvénye is újabb megerősítést kap. Példákat említve: a dinamika alaptörvényének alkalmazása a centripetális erő meghatározására, vagy a fényvisszaverődés törvényeinek alkalmazása a

kis nyílásszögű gömbtükrök leképezési törvényének levezetésére, vagy az energiamegmaradás törvényének felhasználása a transzformátor tekercsein mérhető feszültségek és áramerősségek közötti kapcsolat meghatározásához.

Megmaradási törvények

Minél általánosabb egy törvény, minél nagyobb területét fogja át a valóságnak, annál többet tartalmaz az objektív igazságból. Ezért a megmaradási törvények jelentősége erről az oldalról is megközelíthető, ugyanis a megmaradási törvényeknek nincs érvényességi határa, minden körülmények között érvényesek. Különösen jelentős ez az energiamegmaradás törvényénél, amely a világ anyagi egységének bizonyítéka, és önmagában is tükrözi az anyagi világ időbeli végtelenségét.

Az oksági viszonyt áthatja a kölcsönhatás, azaz nemcsak az ok hat az okozatra, hanem az okozat is visszahat az okra. Így a fizikai törvények megismerése tulajdonképpen a kölcsönhatások feltárását jelenti. Mivel minden mozgásszintnek van jellegzetes kölcsönhatása, mozgásszintek szerint fogom áttekinteni a kölcsönhatásokat. Természetesen egyidejűleg fellépnek az alacsonyabb szintek kölcsönhatásai is, mert a strukturális különbségek mindig sokféle mozgás különböző kombinációit, de egymásra épülő szintjét hordozzák.

Az egyes mozgásszintek fizikai folyamataira a következő megmaradási törvények érvényesek:

- Mechanikai mozgás esetében
- a tömegnek,
 - az impulzusnak,
 - az impulzusnyomatéknak,
 - az energiának a megmaradása.
- Molekuláris mozgás esetében
- a tömegnek,
 - az impulzusnak,
 - az impulzusnyomatéknak,
 - az energiának a megmaradása.

Az elektromágneses tér mozgásai esetében

- a tömegnek,
- az impulzusnak,

- az impulzusnyomatéknak,
 - az energiának,
 - az elektromos töltésnek a megmaradása.
- Az atomfizikai mozgás esetében
- a tömegnek,
 - az impulzusnak,
 - az impulzusnyomatéknak,
 - az energiának,
 - az elektromos töltésnek,
 - a spinnek a megmaradása.
- A magfizikai mozgás esetében
- a tömegnek,
 - az impulzusnak,
 - az impulzusnyomatéknak,
 - az energiának,
 - az elektromos töltésnek,
 - a töltésfüggetlenségnek,
 - a nehézszerkeszke-számnak,
 - a ritkaságnak,
 - az antirészeszke-szimmetriának,
 - a paritásnak,
 - a CP-invarianciának a megmaradása.

Ezt az áttekintést azért készítettem, hogy megmutassam: ahogyan mozgásszíntről mozgásszintre haladunk, egyre több megmaradási törvény lesz érvényes (egyre inkább megismerjük az anyag szerkezetét), másrészt vannak megmaradási törvények, amelyek minden fizikai mozgásformára érvényesek, azaz a fizikai mozgás lényegét jelentik.

Mozgásszinteket jellemző kölcsönhatások

A mechanikai kölcsönhatásokban a testek tömege dominál. A testek tehetetlen tömege a hatás érintkezéssel való közvetítésénél (ütközések), a gravitáció-tömeg a hatás érintkezés nélküli közvetítésénél (tömegvonzás) bír jelentőséggel. A kölcsönhatás impulzus- és energia-átadással, -átvétellel jár együtt. A mechanikai kölcsönhatás mértékének az erőt használjuk, amely a dinamika alaptörvénye szerint az impulzus időegységre eső változása. Vagyis az impulzuscsera a mechanikai kölcsönhatás kritériuma.

A molekuláris mozgásszinten az azonos anyagú részecskéket összetartó kohéziós erők és a különböző anyagú részecskéket

összetartó adhéziós erők vesznek részt a kölcsönhatásokban. Ezekkel az erőkkel olyan jelenségek is magyarázhatók, amelyeket tisztán mechanikai kölcsönhatással nem tudunk értelmezni. Például egyrészt a testek sűrűlódásakor vagy gyakran ütközésekor felmelegedést tapasztalhatunk, másrészt említhetjük a tábla és a kréta kölcsönhatását...

Az elektromágneses tér mozgását az elektromos töltések és az elektromágneses tér kölcsönhatása jellemzi. Az elektrosztatikus vonzás és taszítás, az elektromágneses indukció, a transzformátorok működése, az elektromágneses rezgések, az elektromágneses hullámok értelmezhetők a segítségével. Ezeknek a jelenségeknek az értelmezése a mechanikai és a molekuláris mozgásszint kölcsönhatásaival nem végezhető el.

A szakközépiskolai fizika tankönyv szerint „Az elektromos áram a töltések áramlása”. (*Jurisits – Paál*, 2001) Ezt összevetve a később kísérletileg is megalapozott ismerettel, amely szerint az elektromos áramnak mágneses tere van, úgy tűnhet, hogy az elektromágneses jelenségek szintén testek mechanikai mozgásához kapcsolódnak, csak itt nem a testek tömege, hanem elektromos töltése a lényeges. Az elektromágneses tér viszont függetlenedik forrásától, a mozgó elektromos töltéstől, és más törvények szerint, elektromágneses hullámként mozog (rádióhullám, fény). Az elektromágneses energia tehát nincs testekhez – sőt elektromos töltéshez sem – kötve. Ez az első igazi alkalom, amikor a tanulók láthatják, hogy a fizikai mozgás nem szükségképpen testekkel kapcsolatos. Ezen a mozgásszinten is megtalálhatók: a mechanikai mozgásszint – ha összehasonlíthatatlanul parányibb testekkel is –, a molekuláris mozgásszint struktúrájának megfelelő alkotórészek és kölcsönhatási folyamatok, de nem elégségesek minden jelenség megmagyarázásához, szükség van az alkotórészek finomítására, új típusú kölcsönhatás (elektromágneses kölcsönhatás) értelmezésére.

Az atomfizikai mozgásforma struktúráját az atom belső alkotórészei – az atommag és az elektronok – között fellépő

elektromágneses kölcsönhatás, az atomburok legfontosabb kölcsönhatása alkotja, a kémiai kötés és a kristályok rácslemeit összetartó erők létrehozója. Az elektromágneses kölcsönhatás alapfolyamata a fotonnak töltött részecske általi kibocsátása és elnyelése. A fény elektromágneses hullám, a fényben elektromágneses energia terjed. Fényelnyelésnél az atomburok elektronjai energiát vesznek fel, fénykibocsátásnál pedig energiát sugároznak. Kísérleti tapasztalatok (fényelektromos hatás, abszorpciós színeképek, vonalas színeképek) azt bizonyítják, hogy az atomok csak meghatározott energiaadagot (energiakvantum egész számú többszörösét) vesznek fel, illetve sugároznak ki. Az energiakvantum egyenesen arányos a kibocsátott vagy elnyelt sugárzás frekvenciájával. Az elektron energiájától függ, hogy milyen pályán tartózkodik, de minthogy hullámtulajdonságokkal is rendelkezik, ezért az elektron helye és impulzusa nem határozható meg egyidejűleg tetszőleges pontossággal (*Heisenberg* relációja). Az atomfizikai mozgásformát a fentiek alapján már kategorikusan elkülöníthetjük a mechanisztikus szemlélettől. Ugyanis egyrészt míg a mechanikában a testek energiájának változása folyamatos, az atomban kötött elektronok energiája csak meghatározott értékkel változhat, másrészt az elektronok mozgása az atommag körül a hullámtulajdonság miatt nem értelmezhető mechanikai értelemben vett keringésként.

A magfizikai mozgás a legbonyolultabb fizikai mozgásforma. A magfizikai mozgásszinten az atommag alkotórészei, az elemi részecskék közötti kölcsönhatások közül legerősebb a nukleonok között ható magerő (erős kölcsönhatás), majd az elektromágneses kölcsönhatás következik (előző mozgásszinten is előfordult), ezt követi a béta-bomlás (gyenge kölcsönhatás) és még a gravitációs kölcsönhatás minden energiával (előző mozgásszinten is megtalálható).

Mennyiségi és minőségi változások

A természetben minden rendszer rendelkezik az átalakulás képességével, idővel

változik alkotóelemeinek halmaza. Ez a változás csak más rendszerekkel való kölcsönhatás révén érvényesül. A természeti rendszerek átalakulási folyamata mennyiségi és minőségi változásokból áll. A mennyiségi változások közben egyenletesen, folyamatosan módosul a rendszerek struktúrája. Ennek során az alkotórészek száma, a kölcsönhatások erőssége változik, de anélkül, hogy a rendszer belső egyensúlya megbomlanék, hogy új struktúra jönné létre. A minőségi változás akkor következik be, amikor a főlhalmozódott mennyiségi változások nyomán a rendszer belső egyensúlya megbomlik.

A mennyiségi változások minőségi változásba való átcsapásának értelmezésére bőséges alkalmat nyújt a fizika tananyaga. A rugalmas test erő hatására megváltoztatja alakját. Az alakváltozás kezdetben egyenesen arányos az alakváltozást létrehozó erővel (mennyiségi változás), de ha a szilárd testet egyre nagyobb erővel húzzuk, eljutunk olyan határig, amelyiken túllépve a test már nem nyeri vissza eredeti alakját, A rugalmasságnak határa van. „Szilárd testek maradó alakváltozása, törése, szakadása akkor következik be, ha a deformáció túllép egy kritikus értéket.” (*Dede – Isza*, 1999) A maradó alakváltozás már minőségi változás.

A szilárd testek a hőmérséklet változásával (például hőmérséklet-növekedés esetén) megváltoztatják méretüket (mennyiségi változás). Amikor a hőmérséklet eléri egy, a test anyagára jellemző értéket, „...megáll a hőmérséklet-növekedés. Tovább nem emelkedik, hiába táplálunk be több energiát!” (*Bakányi – Fodor és mtsai*, 1999) Ugyanis „Ha a melegítéssel elérünk egy jól meghatározott hőmérsékleti értéket, a hőmérséklet-emelkedés megszűnik annak ellenére, hogy változatlanul egyenletesen melegítjük az anyagot. A hőmérséklet-emelkedés megszűntével egy időben látványos változás kezdődik, a szilárd anyag olvadni kezd, mellette megjelenik ugyanezen anyag cseppfolyós halmazállapotú változata. A hőmérséklet-emelkedés mindaddig »szünetel«, amíg a szilárd és cseppfolyós halmazállapot együtt van jelen.” (*Karácsonyi*, 2002) Amikor a hőmérséklet újra nö-

vekedni kezd, az anyag teljes mennyisége folyékony halmazállapotú. Megváltozott az anyag halmazállapota (minőségi változás). A halmazállapot-változásoknál a mennyiségi változás minőségi változást hoz létre, de a minőségi változással együtt járnak mennyiségi változások is, például térfogatváltozás, sűrűségváltozás.

Gyűjtőlencse képalkotását a tárgy távolság függvényében (mennyiségi változás) vizsgálva: „...a borotválkozó (homorú)-tükör és a lupe (gyűjtőlencse) a tárgy nagyított képét állítja elő. Minél jobban távolodunk a tükörtől, illetve a lencsét minél jobban távolítjuk a vizsgált tárgytól (pl. egy égő gyertyától), annál nagyobb képet kapunk. Ez azonban csak egy bizonyos határig van így, ugyanis egy meghatározott tárgy távolságnál a kép eltűnik. Tovább növelve a tárgy távolságát, újra kapunk képet, de most megfordítva, mintegy fejtőre állítva. Ez a fordított állású kép.” (Paál – Venczel, 1997) A tárgy távolság változása a fókuszon való átlépéskor minőségi változásokat eredményez: a kép alapvető tulajdonságai változnak meg. Konkrétan: mérete (kicsinyített-nagyított), állása (fordított-egyeses), minősége (valódi-virtuális).

Amikor egy változatlan feszültségre kapcsolt elektromos hálózat ellenállása valamilyen okból fokozatosan csökken (mennyiségi változás), akkor az áramerősség fokozatosan nő a hálózatban. „A gyakorlatban kétféle túláram lép fel. A megengedhető üzemi áramerősségnél nagyobb, akkora áram, amely hosszabb idő alatt lassan okoz túlmelegedést a berendezésben vagy a vezetékben. Ilyenkor beszélünk túlterheltségről. Olyankor lép föl, ha a megengedettnél több fogyasztót kapcsolnak egy vezetékpárra, vagy valamelyik be-

rendezésben részleges zárlat keletkezik. A túláram másik fajtája az azonnali rombolást okozó zárlati áram.” (Jurisits – Nagy, 1983) A baj megelőzésére szolgál egy szerény kis eszköz, az olvadóbiztosíték. „Túl erős áram tehát tönkretesz az elektromos vezetékeket, berendezéseket. Ennek megelőzésére szolgál az áramkörben az olvadó biztosíték. Az olvadó biztosíték fémzála a vezetéknel sokkal vékonyabb, így ellenállása nagy, ezért jobban felmelegszik. Túláram esetén tehát előbb olvad el, mint a vezeték.” (Bonifert – Halász és mtsai, 2002) Alkalmas, jól védett helyen az áramkörbe iktatott könnyen olvadó huzaldarab, a megengedettnél nagyobb áram esetén megolvad, és az áramkör megsza-

A természettudományos ismeretek tanítása során, legalábbis az ismeretanyag tankönyvi feldolgozásait vizsgálva nem kap jelentőségének megfelelő figyelmet a természeti törvények sztochasztikus voltának megjelenítése. Pedig a természet megismerése, törvényeinek gyakorlati hasznosítása nem nélkülözheti annak ismeretét, hogy nem létezik két tökéletesen egyformán viselkedő élő rendszer, de még két pontosan megegyező mérési eredmény sem fordulhat elő.

kad (Minőségi változás.). Másrészt egy áramkörben, „...ha az induktív és kapacitív ellenállás megegyezik, akkor a φ fáziseltolódás szöge 0, és az adott kapocsfeszültség esetén maximális áram folyik át a rendszeren. Ezért az egyes kapcsolódási elemekben maximális feszültség jelenik meg! Ezt az esetet feszültségi rezonanciának nevezzük.

(Most már látjuk, hogy külön-külön nagy induktív és kapacitív ellenállások sorba kapcsolásánál is kialakulhat rövidzár, kivágódhat a biztosíték!).” (Holics, 2001)

Az alátámasztáshoz viszonyítva nyugalmi helyzetben lévő testre ható súrlódási erő (kényszererő) mindig akkora, amekkorára a nyugalmi állapot fenntartásához szükséges (a felületeket összenyomó erő és a tapadási súrlódási tényező által meghatározott maximumon belül). Fokozatosan növeljük a testre ható húzóerőt (mennyiségi változás), akkor kezd elcsúszni, ha a húzóerő elér egy küszöbértéket; „...a testek megindításához nagyobb erőre van szükség, mint az ezt követő egyenletes mo-

gásban tartáshoz. [...] Abból, hogy a megindulást követően – változatlan nagyságú húzóerőt feltételezve – a test gyorsuló mozgást végez, és a tapadósúrlódás csúszósúrlódásra vált át, következik, hogy a maximális tapadási súrlódási erő nagyobb, mint a csúszási súrlódási erő.” (Paál, 1998) (Minőségi változás)

Megismerési módszerekről

A fizika tanítása során – helyesen választott kísérleti és logikai arány esetén, különösen az új ismeretek frontális tanuló-kísérlettel való feldolgozásának alkalmazásával – a tanulók személyes élményként jutnak el az alapvető ismeretektől az általános összefüggésekig. Ha ezt ismeretelméleti szempontból a lehető legsokoldalúbban alkalmazott módszerekkel valósítjuk meg, akkor a tanulók logikai készségének fejlesztésén túl a természet objektivitásába vetett hitét is erősítjük.

A fizikai megismerés során nyilvánvalóan az első lépés a jelenségek megfigyelése. Mivel az egyes jelenségek bekövetkezése esetleges, a legtöbb esetben a jelenséget mesterségesen idézzük elő. Az „esetleges” kifejezést abban az értelemben használtam, hogy a vizsgálandó jelenség magától, beavatkozás nélkül, térben és időben számunkra nem mindig a legkedvezőbb körülmények között következik be. A mesterségesen előidézett jelenségeket tervszerűen választott, bármikor reprodukálható feltételek mellett tanulmányozhatjuk, azaz kísérletet végezhetünk. Az empirikus megismerés a kísérlet nélkül megvalósíthatatlan volna iskoláinkban. Ennek szervezési okain túl (tapasztalatszerzés időpontja) az is akadály, hogy a tantervi ismeretanyag nagy része nem dolgozható fel spontán lejátszható jelenségek megfigyelésével. Bonyolult jelenségek vagy a jelenség lényegének a törvényszerűségeit a körülmények alkalmas megváltoztatása, a zavaró tényezők kikapcsolása, a jelenségek azonos körülmények között való nagyszámú megismételhetősége miatt kísérlettel (vagy csak éppen azzal) deríthetjük fel.

Megfigyelésen alapszik a bolygók mozgástörvényeinek feltárása. *Kepler* törvényeit kísérlettel nem lehet tanítani, mert a bolygók mozgásának körülményeit nem tudjuk befolyásolni. Egy elhullajtott madártoll mozgása a levegőben igen bonyolult lehet. Légüres térben végzett kísérlet során viszont éppolyan könnyen kimutatható a szabadesés négyzetes úttörvénye szerinti mozgása, mint egy levegőben zuhanó fémgolyó esetében. Ezen a példán a kísérlet alkalmazásának előnye mellett rögtön látható a spontán lejátszódó jelenségek megfigyeléséhez viszonyított hátránya is: a jelenségeket kiszakítja természetes feltételei közül, és csak bizonyos jellemzőit veszi tekintetbe.

Az általános- és középiskolákban tanított fizika alapvetően kísérleti fizika. Következésképpen a fizika tanításában is a kísérlet az alapvető módszer. Az empirikus megismerés során szerzett tapasztalatok (kvalitatív és kvantitatív adatok) általánosításával nyerjük a tananyagban szereplő törvények nagy többségét, azaz az ismeretszerzésben az indukció dominál.

Tulajdonképpen a tudományok minden tétele az egyes esetekre vonatkozó konkrét megállapítások absztrakciója, kiterjesztése, extrapolálása még ismeretlen esetekre. Az általánosítás tudományos jellegének természetesen előfeltétele, hogy valós tényeken és igazolt összefüggéseken alapuljon.

A tanulóban a bizonyítás iránti igény kifejlesztését (a fizikatanításra általánosan jellemző indukció mellett) a deduktív ismeretszerzés alkalmazása is eredményesen szolgálja. A dedukció alkalmazása növeli a racionális megismerés iránti bizalmat, és ezzel előkészíti a kísérletileg még nem vagy egyáltalán nem igazolható, de ettől függetlenül alapvető törvények belátását. A fizika tanítása során tárgyalt témák nagy többsége olyan, hogy az induktív és a deduktív módszer egyaránt alkalmazható. A téma induktív módszerrel való feldolgozásának is vannak fázisai, ahol a dedukció alkalmazására is lehetőség nyílik. Ezt a lehetőséget a fizika „elmatematizálására” való hivatkozással sem szabad kihagyni, sőt szükségesnek

tartom ráirányítani a tanulók figyelmét a matematika heurisztikus szerepére.

Egyes témáknál a tanár kizárólag deduktív úton vezeti a tanulókat, mint például a centripetális gyorsulás levezetésekor. Különösen az általánosságban nem bizonyítható megmaradási törvényekből deduktív következtetéssel kapott újabb ismeretek feltárásának van nagy jelentősége a megmaradási törvények világnézeti szerepe miatt. Ami még inkább fennáll, ha kísérlettel is igazolni tudjuk az így nyert ismereteket, összefüggéseket.

A természettudományos ismeretek tanítása során, legalábbis az ismeretanyag tankönyvi feldolgozásait vizsgálva nem kap jelentőségének megfelelő figyelmet a természeti törvények sztochasztikus voltának megjelenítése. Pedig a természet megismerése, törvényeinek gyakorlati hasznosítása nem nélkülözheti annak ismeretét, hogy nem létezik két tökéletesen egyformán viselkedő élő rendszer, de még két pontosan megegyező mérési eredmény sem fordulhat elő. Amikor azonos, megegyező adatokról beszélünk, akkor azokat az általunk elfogadott mérési hiba – ez nyilván lehet objektív és szubjektív eredetű is – határain belül tekinthetjük csak azonosnak. A természettörvények, a szabályszerűségek feltárásakor nemcsak a hasonlóságokra, hanem a különbségekre, az általánostól való eltérésekre is figyelni kell. A mindennapi élet problémái általában nem annyira egyértelműek, hogy megengedhetnénk tanítványaink felkészítésének mellőzését a bizonytalanról való gondolkodásra. Napjainkban az ismeretek viszonylagos értékállósága miatt egyre nagyobb jelentősége van a képesség jellegű tudásnak. A képességek között a korrelatív gondolkodásnak (Bán, 1998) is fontos szerep jut. Ugyanis annak felismerése, hogy miként kell értelmezni valamely sokaság inhomogenitását, hogy jó néhány esemény determinisztikus jellege csak látszat (hiszen csupán nagy valószínűségekről van szó), az értelmes életvitel nélkülözhetetlen része.

A szemléletességnek, vagyis a dolgok és jelenségek közvetlen megismerésének elve a verbalizmus elleni küzdelem során

pedagógiai közgondolkodásunk közhe-lyévé vált. Szinte szállóige már, hogy a „képtelen” tanulás életképtelen tudáshoz vezet. A gazdag tapasztalatokkal rendelkező emberek – akik mögött gazdag tevékenység áll, sokat láttak az életben (természetesen nem csak a szemükkel), megfelelően képzetek – tanulhatnak csak szöveg alapján is, mégpedig annál inkább, minél közelebb van ezeknek a szövegeknek a tartalma saját tapasztalataikhoz. Viszont a tanulóknak, ha bármit is meg akarunk tanítani – különösen, ha elvárjuk, hogy ezt a tudást az életben sokoldalúan alkalmazni is tudják –, akkor előbb megfelelő tapasztalatszerzési lehetőséget kell biztosítanunk. Ezek a tapasztalatok annál értékesebbek, minél szélesebb körű a forrásuk. Ezért a szemléletesség elvének és a szemléltetés módszerének gyakorlati megvalósításánál fontos szerepet játszanak az elsődleges információk, a tanulók által elvégzett kísérletek tapasztalatai.

A korrelatív gondolkodás sikerében jelentős szerepe van a gondolkodó által ismerős tartalmi környezetnek is. Korrelatív gondolkodás során valószínűleg a tanulók azokra az adatokra támaszkodnak, amelyekhez elsődleges (priori) ismeretei, illetve saját (egyéni) tapasztaláson alapuló ismeretei következtében kötődése van. Ennek az oktatási folyamat szervezését tekintve nyilvánvaló tanulsága, hogy a pedagógus, illetve más tanulók tevékenységének megfigyelése sokkal értéktelenebb, mint az egyén közvetlen erőfeszítése (legyen az egy mérés, egy kísérlet elvégzése, valamely – akár egy gyakorlatias, akár valamely intellektuálisnak minősíthető – probléma megoldása).

Irodalom

- Bakányi Márton – Fodor Erika – Marx György – Sarkadi Ildikó – Tóth Eszter – Ujj János (1999): *Fizika 1. Gimnázium*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (19. kiadás) 133.
 Bán Sándor (1998): Gondolkodás a bizonytalanról: valószínűségi és korrelatív gondolkodás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 221–250.
 Bonifert Domonkosné – Halász Tibor – Miskolczi Józsefné – Molnár Györgyné (2002): *FIZIKA tizen-*

négy éveseknek. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged. (10. kiadás) 68–69.

Dede Miklós – Isza Sándor (1999): *Fizika II. Gimnázium*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (14. kiadás) 99.

Holics László (2001): *Fizika III. Gimnázium*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 270–271. Jurisits József – Nagy Ferenc Csaba (1983): *Elektrotechnika. (A variáns) Szakközépiskola*. Tankönyvkiadó. (2. kiadás) 92.

Jurisits József – Paál Tamás – Venczel Ottó (2001): *FIZIKA V. Szakközépiskola A, B, C variáns*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (12. kiadás) 47. oldal. Karácsonyi Rezső (2002): *Fizika a humán érdeklődésű középiskolások számára*. Mechanika II.,

Hőtan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (6. kiadás) 96.

Paál Tamás – Venczel Ottó (1997): *FIZIKA IV. Szakközépiskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (10. kiadás) 38.

Paál Tamás (1998): *Fizika a reál érdeklődésű középiskolások számára. Mechanika I.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. (3. kiadás) 206.

Pedagógiai Lexikon I. kötet. (1997) 22., 83. *Pedagógiai Lexikon II. kötet.* Kereban Könyvkiadó, Budapest. 475–477.

Wigner Jenő (1972): *Szimmetriák és reflexiók*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest. 56.

Takács Gábor

Kísérletek a kémia tankönyvekben

A kísérlet a kémiatanítás alapvető módszere. Sokak meggyőződése, hogy a kémia népszerűségének csökkenése mögött a kísérletezés visszaszorulása áll. Ennek ellentmond az a tapasztalat, hogy a gyakorlóiskolákban sem jobb a kémia megítélése, mint más iskolákban, annak ellenére, hogy a tanárjelöltektől igénylik a rendszeres órai kísérletezést. Minél pontosabb képet kéne alkotnunk arról, vajon milyen tartalmú kísérletek, milyen formában szerepelnek az általános és középiskolai kémiaoktatásban. Ennek feltérképezéséhez jó kiindulópont lehet a kémiatankönyvek kísérletanyagának elemzése, hiszen a tanárok többsége nem annyira a tanterv, mint inkább a tankönyv alapján tanítja a kémiát.

A hagyományos kísérletezés didaktikai hozadéka vajmi kevés. Pedig a tanulók nagyon szeretik és igénylik a kémiai kísérleteket, pontosabban a látványt, a robbanást, a színek változását, a „cirkuszt”. Valami nincs rendben a kémiai kísérletekkel. Ideje tehát újragondolni a kémiai kísérletek oktatásban betöltött szerepét. Ehhez az újragondoláshoz jó elméleti keretet jelentenek azok az eredmények, amelyeket a pszichológia, a pedagógia és a szakdidaktika kutatása ért el az utóbbi néhány évtizedben.

Elméleti háttér

A kémiai kísérletek legfontosabb célját Lazarowitz és Tamir (1994) a következőképpen fogalmazta meg:

– a természettudományos fogalmak

megértésének elősegítése, a tanulók szembesítése meglévő fogalmaikkal;

– olyan kognitív képességek fejlesztése, mint a problémamegoldás, a kritikus gondolkodás és a döntéshozatal;

– a gyakorlati képességek, köztük a kéz ügyesség fejlesztése;

– a tudományos kutatás természetének, a tudományos módszerek sokszínűségének bemutatása;

– a tudományos kutatás alapvető foglmainak kialakítása (például a probléma megfogalmazása és a hipotézisalkotás);

– tudományos viselkedésformák fejlesztése (például az objektivitás és a kíváncsiság);

– a természettudományok iránti érdeklődés felkeltése.

Ezek a célok azonban csak rendkívül átgondolt laboratóriumi munkával, kísérle-